

Percepción Social de la Calidad del Agua y la Expansión Territorial de la Minería en Ollachea, Puno, Perú

Social Perception of Water Quality and Territorial Expansion of Mining in Ollachea, Puno, Peru

Ruth Meza-Duman^{1,a} [0000-0001-9547-7407](https://orcid.org/0000-0001-9547-7407)

Marian Hermoza-Gutierrez^{1,b} [0000-0003-1104-1695](https://orcid.org/0000-0003-1104-1695)

Ingrid Maldonado^{1,c} [0000-0003-2281-2299](https://orcid.org/0000-0003-2281-2299)

Dante Salas-Mercado^{1,d} [0000-0003-0656-1979](https://orcid.org/0000-0003-0656-1979)

¹Programa de Doctorado en Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Escuela de Posgrado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú

^a rmeza@unap.edu.pe

^b mhermoza@unap.edu.pe

^c imaldonado@unap.edu.pe

^d dsalasm@unap.edu.pe

Recibido: 20/10/2021

Aceptado: 24/02/2022

Resumen

El sector minero peruano tiene una gran importancia para las poblaciones rurales por los beneficios económicos que genera; sin embargo, también puede producir efectos negativos en los recursos hídricos. El objetivo de este estudio es abordar un enfoque multidisciplinario para el estudio de la influencia minera en la Comunidad de Ollachea y la Comunidad Minera mediante la evaluación fisicoquímica del río Oscocachi, la percepción social de la calidad del agua y el análisis comparativo de la expansión territorial minera y poblacional. Los resultados revelan que existe un nivel de acidez leve con un pH de 5.9 en el tramo final del río que podría afectar a la población aledaña, quienes manifestaron que la prevalencia de enfermedades gastrointestinales es causada principalmente por el desarrollo de la minería en la zona. Las imágenes satelitales multitemporales desde el año 2010 al 2019, revelaron que el crecimiento de la Comunidad de Ollachea está fuertemente asociado a la expansión territorial de la Comunidad Minera de Ollachea ($r=0.95$, $p<0.05$). Finalmente, se concluye que la expansión territorial y las características fisicoquímicas del río coinciden con la percepción de la población sobre la calidad del agua, revelando que existe una alteración ambiental generada principalmente por la actividad minera.

Palabras clave: Agua, contaminación, percepción, expansión territorial, Ollachea.

Abstract

The Peruvian mining sector is of great importance to rural populations due to the economic benefits it generates; however, it can also produce negative effects on water resources. The main of this study is to address a multidisciplinary approach to the study of the mining influence in the Ollachea Community and the Mining Community through the physicochemical evaluation of the Oscocachi River, the social perception of water quality and the comparative analysis of territorial expansion. mining and population. The results reveal that there is a level of mild acidity with a pH of 5.9 in the final stretch of the river that could affect the surrounding population, who stated that the prevalence of gastrointestinal diseases is mainly caused by the development of mining in the area. Multi-temporal satellite images from 2010 to 2019 revealed that the growth of the Ollachea Community is strongly associated with the territorial expansion of the Ollachea Mining Community ($r=0.95$, $p<0.05$). Finally, it is concluded that the territorial expansion and the physicochemical characteristics of the river coincide with the population's perception of the quality of the water, revealing that there is an environmental alteration generated mainly by mining activity.

Keywords: Water, pollution, perception, territorial expansion, Ollachea.

Cómo Citar:

Meza-Duman, R., Hermoza-Gutierrez, M., Maldonado, I., & Salas-Mercado, D. (2022). Percepción Social de la Calidad del Agua y la Expansión Territorial de la Minería en Ollachea, Puno, Perú. *Comuni@cción: Revista de Investigación en Comunicación y Desarrollo*, 13(1), 16–28. <https://doi.org/10.33595/2226-1478.13.1.580>

Introducción

El Perú es considerado un país atractivo para inversiones mineras debido a su potencial geológico y ubicación geográfica estratégica (Castillo y Roa, 2021). Desde que el auge de la minería contribuye al crecimiento económico sostenido, las tasas nacionales de pobreza presentaron un descenso notable (Loayza y Rigolini, 2016). Además de ser un sector extractivo empresarial a gran escala, existe también un importante sector de minería artesanal y de pequeña escala (MAPE), abarcando las 25 regiones del país, generando fuentes de empleo e importantes flujos financieros (Ofosu et al., 2020).

Durante las dos últimas décadas, la actividad de la MAPE ha crecido aceleradamente (Asner et al., 2013) tanto de forma legal como ilícita (Salas-Urviola et al., 2021). Las zonas afectadas pueden ser extensas, expandiéndose a espacios geográficos que presentan fronteras para la industria extractiva ya que, en la mayoría de los casos, están siendo ocupados, utilizados, reclamados y/o gobernados por otros grupos sociales (Deininger et al., 2011; Müller y Munroe, 2014).

Estos problemas han alimentado las críticas a la MAPE, considerándola como una amenaza para el ambiente de comunidades locales y sociedades vulnerables en general (Odell et al., 2018) debido a que utiliza métodos manuales y/o equipos básicos muy rudimentarios, aplicando tecnologías convencionales que se remontan a tiempos antiguos (Adu-Baffour et al., 2021; Spiegel, 2016). Por la naturaleza de estas actividades asociadas al cambio de uso de suelo y disposición de residuos mineros (desmontes y colas), estos repercuten en la degradación de los ecosistemas acuáticos y terrestres (Nordstrom, 2009), implicando potenciales riesgos que pueden afectar a la salud humana (Castro-Bedriñana et al., 2021; Malone et al., 2021; McIntyre et al., 2016).

Uno de los recursos naturales que tiene especial relevancia en la toma de decisiones es el agua. Estudios previos han demostrado que, para garantizar la sostenibilidad a largo plazo, es importante evaluar el impacto medioambiental del suministro de agua teniendo en cuenta la percepción de los ciudadanos (Fuenfschilling y Truffer, 2014; Iribarnegaray y Seghezze, 2012). El suministro de agua en los países en desarrollo tiene algunas características únicas, como la diversidad

de opciones de fuentes de las mismas (Howard et al., 2010; Mu et al., 1990).

En general, los pueblos locales no basan sus decisiones sobre los recursos naturales en los análisis convencionales de costo-beneficio económico (Maule y Hodgkinson, 2003), sino en la acumulación de múltiples y diversas fuentes de información, derivadas de un conocimiento local rico y detallado del medio ambiente y/o valores culturales (Alessa et al., 2017; López-Hoffman et al., 2006). El conocimiento local y las percepciones individuales a menudo forman la base sobre la cual muchas sociedades de pequeña escala monitorean la disponibilidad y los cambios producidos en los recursos naturales (Andrachuk y Armitage, 2015; López-Hoffman et al., 2006; Maule y Hodgkinson, 2003; Rahman y Alam, 2016).

McIntyre et al. (2016), con el fin de monitorear e identificar los impactos de los recursos hídricos de zonas mineras en Mongolia, proponen un enfoque multidisciplinario utilizando encuestas, mapeos y monitoreos de la calidad de agua, concluyendo que el mayor porcentaje los pobladores perciben una mala calidad del agua, mientras que la determinación del cambio de uso de suelo indicó una rápida expansión de la minería a lo largo del tiempo, relacionándola con los riesgos potenciales de las fuentes de agua y otros cuerpos ambientales. Por otra parte, Salas-Avila et al. (2021) sugieren evaluar los parámetros fisicoquímicos como pH, CE, POR y T en el monitoreo de agua, debido a que la percepción de las poblaciones altoandinas se basa en dichos factores para determinar el estado de contaminación de los recursos hídricos.

Para comprender a mayor detalle la alteración de la calidad del agua y su extensión, se deben complementar los monitoreos de parámetros de calidad con la evolución de los procesos de urbanización asociados a la actividad minera (Damonte et al., 2021) y, además, identificar factores que presentan incidencia en la percepción de la población sobre la calidad del agua (Bebbington y Williams, 2008; Withanachchi et al., 2018).

El objetivo es abordar un enfoque multidisciplinario para el objetivo de este trabajo de la influencia minera en la Comunidad de Ollachea y la Comunidad Minera mediante la evaluación fisicoquímica del río Oscocachi, la percepción social de la calidad del agua y el análisis comparativo de la expansión territorial minera y poblacional.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se realizó durante el mes de mayo del 2019 en la Comunidad Minera de Ollachea (CMO), que forma parte de la Comunidad de Ollachea (CO), en la provincia de Carabaya del departamento de Puno - Perú (figura 1), por esta zona transcurre el río Oscocachi, cuyo nacimiento se encuentra en la cuenca Inambari, a una altitud de 4662.9 msnm, siendo uno de los afluentes del río Ollachea. La geología del área de estudio proviene del dominio geotectónico del altiplano oriental (Díaz-Martínez et al., 2001), de la era del Mesozoico

con un sistema jurásico donde predominan rocas intrusivas como la Sienita nefelínica (Gobierno Regional de Puno [GRP], 2015). Las principales actividades económicas de la población son la agricultura (Dirección Regional Agraria Puno [DRAP], 2014), la minería subterránea (Cesar, 2019) y el comercio industrial que abastece a estas actividades con materiales e insumos. En un tramo de 2.31 km, a ambos márgenes del río Oscocachi, se desarrolla de forma intensiva la minería de categoría artesanal, por lo que existe un crecimiento económico y social considerable en la población de la CO, compuesta por 6174 habitantes (INEI, 2017).

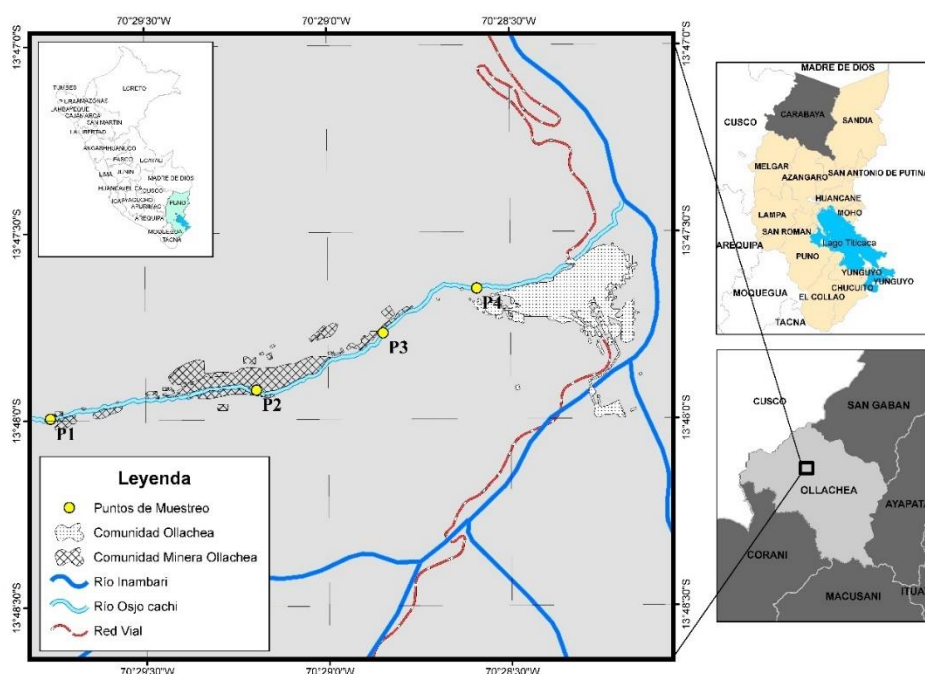


Figura 1. Localización geográfica de la Comunidad Minera de Ollachea y las estaciones de monitoreo.

Determinación de la expansión territorial de la Comunidad de Ollachea y Comunidad Minera de Ollachea

Se obtuvieron imágenes satelitales multitemporales de la CO y CMO con intervalos de tres años desde el 2010 hasta el 2019, mediante el sistema de información geográfica Google Earth y la plataforma Copernicus (tabla 1). Las imágenes fueron ajustadas con 20 puntos de control fijos en el tiempo. Las áreas de la CO y CMO fueron digitalizadas manualmente y cuantificadas con la metodología propuesta por Jampani et al. (2020), utilizando el software ArcGis 10.8.

Tabla 1. Información de las imágenes satelitales por año.

Plataforma	Satélite	Año	Día
Google Earth	Maxar	2010	16 de abril
Google Earth	CNE/Airbus	2013	15 de julio
Google Earth	CNE/Airbus	2016	16 de junio
Copernicus	Sentinel 2B	2019	10 de abril

Caracterización fisicoquímica del río Oscocachi

Se establecieron cuatro puntos de muestreo (tabla 2) aguas abajo del río Oscocachi, siguiendo la metodología establecida por el Protocolo Nacional

para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2016), el cual sugiere evaluar un afluente antes, durante y después de una determinada actividad industrial. Se determinó la temperatura (T) en °C, conductividad eléctrica (CE) en uS/cm, pH y potencial óxido-reducción (POR) en mV utilizando un multiparámetro HANNA (HI98204, USA). Para la calibración del equipo se utilizaron buffers de pH 4.01, 7.01 y 10.01 de la

marca HANNA y soluciones de referencia para CE de 12.88 uS/cm y 147 uS/cm de la marca HACH. Se registraron los valores correspondientes a una temperatura ajustada de 25 °C durante 5 días consecutivos a razón de 5 réplicas por día, evaluando la repetibilidad aplicando las pruebas de Bartlett y ANOVA de un factor. Se elaboraron cartas de control para validar la estabilidad del proceso de mediciones que permita garantizar la calidad y el control (QA/QC) de los monitoreos.

Tabla 2. Información de las estaciones de muestreo.

Estaciones de muestreo	Latitud	Longitud	Descripción
P1	-13.799548°	-70.495772°	Zona Kunkurayoc: Estación de referencia aguas arriba de los efluentes mineros.
P2	-13.798628°	-70.486517°	Zona Balcón: Estación donde se producen escorrentías de efluentes mineros.
P3	-13.796086°	-70.480859°	Zona Huayrusiña: Estación del último sector afectado por actividades mineras.
P4	-13.793980°	-70.476369°	Puente T'axanapamapa: Estación próxima a la CO.

Determinación de la percepción social de la minería y calidad del agua

Para determinar la percepción de la población con respecto a la calidad del agua del río Oscocachi por el desarrollo de la actividad minería artesanal, se realizó una encuesta semiestructurada (López-Roldán y Fachelli, 2018) donde se abordaron dos áreas principales; la primera estuvo enmarcada en el contexto de bienestar social, teniendo en cuenta las siguientes variables: tipo de suministro de agua, consumo de agua sin hervir, tipos de uso de agua, uso del agua del río, frecuencia de enfermedades gastrointestinales; y la segunda fue sobre la minería de oro: fuentes de agua que son afectadas por la minería, si la minería genera beneficios y cuáles son los sectores beneficiados por la misma. Además, se consideraron datos sociodemográficos básicos como el género, edad, grado de instrucción, tiempo de residencia y actividad laboral de los pobladores. Durante el proceso de muestreo varios pobladores se abstuvieron de participar debido a que consideraron que su opinión podría dañar directa o indirectamente el desarrollo de sus actividades económicas. Por ello, se utilizó la estrategia de muestreo no probabilístico denominado bola de nieve como lo sugiere Loosemore y Malouf 2019, el cual es utilizado cuando los encuestados referencian a otros potenciales participantes por tener rasgos comunes, siendo 69 en total quienes, a su vez, firmaron el documento de consentimiento informado.

Análisis estadístico

Para determinar el grado de asociación entre la expansión de la CO y CMO se aplicó el análisis de correlación de Pearson, analizando previamente la normalidad de datos mediante la prueba estadística de Shapiro Wilk. Por otro lado, se realizó el análisis exploratorio de los parámetros físico-químicos para determinar el impacto de la minería sobre la calidad del agua del río Oscocachi. Finalmente, se aplicó la prueba de chi-cuadrado de Pearson para evaluar si la percepción de la población sobre la calidad del agua afectada por la minería mantiene una relación con las dos áreas antes mencionadas y las variables sociodemográficas. Los datos fueron analizados con el software R versión 4.0.2 (R Core, 2020).

Resultados y discusión

Expansión territorial de la Comunidad de Ollachea y Comunidad Minera de Ollachea

La figura 2 muestra que el área ocupada por la CO en el 2010 fue de 16.4 has, con un crecimiento territorial de 2.7 has al 2019. Los años que presentaron mayor y menor crecimiento fueron el 2013 (1.3 has) y 2016 (0.4 has), respectivamente. Por otra parte, la CMO presentó un área de 7.5 has en el 2010, cuya expansión territorial al 2019 fue de 4.3 has. El año de mayor expansión se registró en el 2019 (2.6 has) y el menor en el 2016 (0.5

has). Esto estaría relacionado con la emisión del Decreto Legislativo N° 1105 (Instrumento de Gestión Ambiental Correctivo – IGAC), el cual establece el procedimiento de formalización de las actividades mineras a pequeña escala (Decreto Legislativo N° 1105 - Decreto Legislativo Que Establece Disposiciones Para El Proceso de Formalización de Las Actividades de Pequeña Minería y Minería Artesanal, 2012).

Debido a que la normativa obligaba a las unidades mineras a poseer componentes principales y auxiliares, las cuales se constituyen en garitas, oficinas, dormitorios, almacenes, depósitos de desmonte, entre otros, estos cambios pudieron haber ocasionado que la CMO se expanda territorialmente y, a la vez, que la CO empezara a generar espacios comerciales por la alta demanda de materiales de construcción, hospedaje, tecnologías de comunicaciones, redes viales, etc. Estas circunstancias concuerdan con Bebbington y Williams (2008), quienes mencionan que el desarrollo de la minería en una zona determinada introduce nuevos movimientos socioeconómicos e influye en el crecimiento urbanístico. Así, en este estudio, el crecimiento de la CO está fuertemente asociado a la expansión de la CMO ($r = 0.95$, $p\text{-valor} = 0.045 < 0.05$).

Por otra parte, el año con menor crecimiento para ambas comunidades fue el 2016. Esto podría deberse a la incertidumbre generada por la implementación de la normativa de formalización IGAC (Instrumento de gestión ambiental correctivo), la cual posee gran cantidad de requisitos para su cumplimiento en un plazo estimado (Cuya et al., 2021). Es así que, en el año 2016, el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) estableció el Registro Integral de Formalización Minera (REINFO) con la intención de registrar a todos los mineros en proceso de formalización (IGAC) y también a los mineros informales, estableciéndose en el 2017 el nuevo Instrumento de Gestión Ambiental para la Formalización de las Actividades de Pequeña Minería Artesanales (IGAFOM) mediante el D.S. 038-2017-EM, el cual establece disposiciones reglamentarias para el Instrumento de Gestión Ambiental para la formalización de actividades de pequeña minería y minería artesanal, coincidiendo con el crecimiento territorial de la CO y CMO hasta el año 2019.

La expansión territorial de la CMO no solo generaría oportunidades de desarrollo económico

para los pobladores de la CO, sino que también tendría consecuencias ambientales. Al tratarse de actividades minero-artesanales, el manejo de tecnologías básicas y bajo nivel operacional estaría afectando la calidad del agua en el río Oscocachi (Duff y Downs, 2019). Frecuentemente, las actividades de extracción minera de la CMO generan residuos como desmontes aledaños al cauce del río, lo que contribuiría a la alteración de la calidad del agua por el aumento y transporte de sedimentos con componentes químicos propios de la mineralogía de la zona. Estas prácticas generan una percepción negativa por parte de la población ante el incremento del área ocupada por las unidades mineras, ya que son acumulados con el paso del tiempo y producen la disminución de la sección del río.

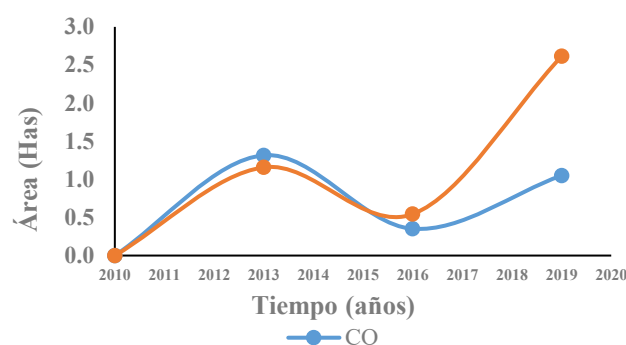


Figura 2. Expansión de la CO y CMO del 2010 al 2019.

En la figura 3a se observa la evolución de la expansión territorial de la CO durante los años 2010 al 2019, evidenciando el crecimiento en las zonas cercanas a la CMO y al tramo 4 de la red vial de la ruta interoceánica Perú – Brasil, estos resultados corroborarían que la actividad minera tiene una fuerte asociación con el crecimiento de la CO por desarrollar una configuración urbanística en dirección a la CMO (Damonte et al., 2021).

En cuanto al crecimiento en dirección a la red vial, este podría deberse a que en el año 2010 se apertura la vía interoceánica (Barkin, 2014). La **figura 3b** muestra que, en el año 2013, la expansión territorial de la CMO se produjo en la zona cercana a la CO, esto estaría relacionado con el aumento de densidad poblacional debido a la oportunidad de formalización minera antes mencionada; mientras que, en los años 2016 y 2019 la expansión se registró en toda la extensión que abarca la CMO aledaña al río Oscocachi, lo que sugeriría que, debido a las facilidades de formalización que propuso el estado, se estarían explorando nuevas y antiguas zonas de explotación. Además, se

observa que el proceso de crecimiento de la CO y CMO mantienen una relación de cercanía respecto al río Oscocachi, lo que podría conllevar riesgos de contaminación en un futuro, principalmente a causa de la distribución de aguas residuales y la acumulación de metales pesados en el río (Damonte et al., 2021).

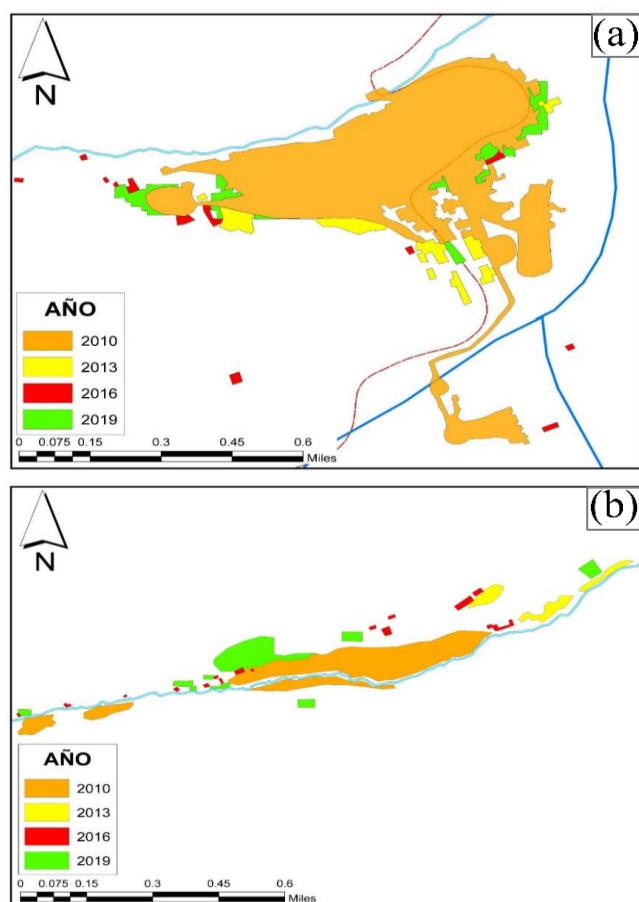


Figura 3. (a) Evolución multitemporal de la CO del 2010 al 2019 (b) Evolución multitemporal de la CMO del 2010 al 2019.

Características fisicoquímicas del río Oscocachi

En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos evaluados,

donde la temperatura aumenta progresivamente desde la estación P1 a la P4. Esto podría deberse a que los desmontes procedentes de la minería son depositados en todo el trayecto de la ribera del río Oscocachi y, al acumularse en el fondo, estaría disminuyendo la pendiente y la velocidad de flujo, provocando el ingreso de material suspendido y teniendo repercusión en la alteración de la temperatura aguas abajo (Nordstrom, 2009); así mismo, el aumento de la temperatura provoca la disminución del oxígeno disponible para la vida acuática que pudiese existir en la zona (Sivri et al., 2007).

Los valores de pH en P1 y P2 se encuentran dentro de los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental de Perú [ECA] para agua de categoría 3 (MINAM, 2017); sin embargo, desde P3 (zona donde se desarrollan actividades mineras) hasta P4 (Puente T'axanapamapa), el valor promedio del pH es de 5.9, lo que indicaría un leve nivel de acidez que podría estar afectando potencialmente el ecosistema del río e incluso tener repercusión en la población de la CO (Huang et al., 2010).

La conductividad eléctrica en todos los puntos de muestreo presenta valores bajos, lo que reafirma que es una fuente de agua dulce (Dalmiro et al., 2014). Finalmente, el potencial óxido-reducción presenta valores mínimos tanto en P2 como en P3, lo que podría deberse a la acumulación de metales pesados en estos sectores por la presencia de material inorgánico en descomposición que el agua no puede eliminar (Razali, 2020). Además, los valores de Potencial óxido reducción (POR) está fuertemente asociado a la presencia del oxígeno (Campaña et al., 2017) y al encontrarse bajos valores de POR en algunos puntos de muestreo, provocarían la reducción de iones y moléculas importantes para la nutrición de microorganismos y formas de vida acuática.

Tabla 3. Resultados de los parámetros fisicoquímicos en las estaciones de muestreo del río Oscocachi.

	T (°C)	pH	CE (uS/cm)	POR (mV)
P1	11.9 +/- 2.1	7.8 +/- 0.7	0.5 +/- 0.9	161.1 +/- 34.3
P2	12.3 +/- 2.1	7.0 +/- 0.2	1.0 +/- 1.0	65.5 +/- 18.8
P3	13.3 +/- 1.9	6.4 +/- 0.3	1.0 +/- 1.7	92.2 +/- 30.2
P4	13.9 +/- 1.6	5.9 +/- 0.2	1.0 +/- 1.7	149.7 +/- 24.4
Mín.	11.9	5.9	0.5	65.5
Max.	13.9	7.8	1.0	161.1
Promedio	12.9	6.8	0.9	117.1

En la tabla 4 se muestran los niveles promedio de los parámetros fisicoquímicos considerados en este estudio comparados con los hallazgos de otras

investigaciones realizadas en zonas con influencia minera en el Perú y en el mundo.

Tabla 4. Revisión bibliográfica de parámetros fisicoquímicos en ríos con influencia minera.

Río	T (°C)	pH	CE (uS/cm)	POR (mV)	Referencia
Suches	11.6	7.27	105.3	199.5	Salas-Ávila et al., 2021
Crucero	11.7	8.6	201.0	140.9	Salas-Mercado et al., 2020
Uta		7.25	152.1	-	Magnússon et al., 2020
Heihe		8.1	600.9	-	Li et al., 2020
Negro		4.4	505.1	198.4	Grande et al., 2019
Oscocachi	12.9	6.8	0.9	117.1	Este estudio

Percepción social de la minería y calidad del agua

En la tabla 5 se observa el análisis exploratorio de las variables sociodemográficas básicas, las cuales muestran que el 52.2% de la población encuestada que decidió participar fueron mujeres y el 47.8% fueron varones; el rango de edad predominante de los participantes se encontró dentro de 18 a 54 años (73.9%). Además, predominan los grados de instrucción primaria y secundaria en un 66.7% de los participantes. El 71% de los encuestados respondieron que radican en la CO por más de 10 años y que su actividad laboral se desarrolla en el sector privado (79.7%).

Tabla 5. Variables sociodemográficas básicas de los pobladores encuestados en Ollachea.

Variable	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
Género			
Masculino	33	47.80	47.80
Femenino	36	52.20	100.00
Edad			
18-36	31	44.90	44.90
37-54	20	29.00	73.90
55-72	8	11.60	85.50
73-90	10	14.50	100.00
Grado de Instrucción			
Primaria	21	30.40	30.40
Secundaria	25	36.20	66.70
Técnica Superior	6	8.70	75.40
Universitaria	8	11.60	87.00
Ninguno	9	13.00	100.00
Tiempo de Residencia			
2+	15	21.70	21.70
5+	5	7.20	29.00
10+	49	71.00	100.00
Actividad Laboral			
Privada	55	79.70	79.70
Estatat	5	7.20	87.00
Otra	9	13.00	100.00

Sobre el contexto socio ambiental (tabla 6), un gran porcentaje de los participantes respondieron que consumen el agua proveniente de la red pública; sin embargo, esta agua es obtenida del río Oscocachi, siendo la Municipalidad Distrital de Ollachea (GRP, 2021) la entidad responsable de la captación, distribución y control de calidad del agua suministrada, lo que indicaría que la población que tiene acceso al servicio de agua potable en sus viviendas podría estar recibiendo este recurso con una calidad inadecuada pues, según el Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social (2020), la mala gestión financiera de las municipalidades rurales no permitirían el control de calidad adecuado del agua para suministro público, lo cual sería corroborado con los datos de la evaluación fisicoquímica.

Generalmente, la desinfección del agua se produce mediante la acción de hervirla previamente al consumo (Berg, 2009); sin embargo, el 30.4% de los participantes manifestaron que consumen agua sin hervir, mientras que otro porcentaje de encuestados (43.40%) mencionaron que ocasionalmente presentan enfermedades gastrointestinales (a veces a muy frecuente). El tipo de uso que los participantes dan al agua del río principalmente es para la actividad de la agricultura; sin embargo, algunos también manifestaron que lo destinan para el consumo humano. Los participantes tienen conocimiento de la procedencia del punto de captación del agua de la red pública y reconocen que principalmente es aprovechado por el sector agrario de la zona, siendo la CO uno de los más importantes productores de cocona y rocoto de la región Puno (DRAP, 2014).

Tabla 6. Contexto socioambiental de pobladores encuestados en Ollachea.

Variable	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
Contexto socio ambiental			
Tipo de suministro de agua			
Red publica	64	92.80	92.80
Río	5	7.20	100.00
Consumo de agua sin hervir			
Si	21	30.40	30.40
No	48	69.60	100.00
Uso del agua de río			
Si	28	40.60	40.60
No	41	59.40	100.00
Tipos de uso del agua de río			
Ninguno	19	27.50	27.50
Consumo humano	21	30.40	58.00
Agricultura	22	31.90	89.90
Ganadería	2	2.90	92.80
Otros	5	7.20	100.00
Frecuencia de enfermedades gastrointestinales			
Nunca	39	56.50	56.50
A veces	21	30.40	87.00
Muy frecuente	9	13.00	100.00

La mayoría de los participantes mencionaron que la minería genera beneficios y que los sectores más favorecidos son los de agricultura y minería (tabla 7), esto concuerda con Willer y Takahashi (2018), quienes mencionan que la minería genera desarrollo en los pueblos de las zonas donde se establece, pero que se deben considerar los riesgos desde los inicios de la explotación, debido al daño ambiental que las operaciones artesanales generan indirectamente (Amoakwah et al., 2020). Esto coincide con la percepción social de los pobladores sobre los impactos de la minería en Ollachea, ya que el 79.7% de los encuestados opinan que el río Oscocachi es el más afectado, esto con coincide con el estudio de Withanachchi et al. (2018), quienes determinaron que el 63.8% de la población de estudio indica que la minería es la principal causa de contaminación de los recursos hídricos, percibiendo un riesgo para la salud. Asimismo, Yirenkyi-fiango y Yanful (2020) indican que un gran porcentaje de la población percibe que las fuentes de agua cercanas o precedentes de la actividades mineras se encuentran contaminadas y son inseguros para el consumo humano y/o uso doméstico.

Tabla 7. Percepción social de los impactos de la minería en Ollachea.

Variable	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
Minería de Oro			
Fuentes de agua que son afectadas por la minería			
Ninguna	4	5.80	5.80
Red Publica	7	10.10	15.90
Río	55	79.70	95.70
Ojo de agua	3	4.30	100.00
La minería genera beneficios			
Sí	58	84.10	84.10
No	11	15.90	100.00
Sectores beneficiados por la minería			
Agricultura	36	52.20	52.20
Ganadería	1	1.40	53.60
Minería	25	36.20	89.90
Ninguna	7	10.10	100.00
Calidad del agua afectada por la minería			
Si	64	92.80	92.80
No	5	7.20	100.00

Nivel de asociación de las variables en estudio

En la tabla 8 se presentan los resultados de la prueba chi-cuadrado de Pearson que verificaron la asociación entre las variables sociales y la percepción sobre la calidad del agua. La variable “fuentes que son afectadas por la minería” presenta una fuerte asociación con la “percepción de la calidad del agua”, ya que los pobladores podrían relacionar el desarrollo de las actividades mineras artesanales con la contaminación directa de las fuentes hídricas cercanas tal y como se demuestra en el estudio realizado por Gilsbach et al. (2019), quienes señalan que la minería está fuertemente asociada con el impacto del recurso hídrico por la mala gestión que realizan en sus operaciones. Así mismo, la “frecuencia de las enfermedades gastrointestinales” tiene una fuerte relación con la “percepción de la calidad del agua del río”, lo que indicaría que la población percibe que las enfermedades gastrointestinales que padecen están siendo generadas probablemente debido a la contaminación procedente de la minería, sugiriendo que la minería altera negativamente la calidad del agua, coincidiendo con el estudio de Bessah et al. (2021), el cual menciona que la inadecuada calidad del agua de los ríos aledaños a la actividad minera es inutilizable a pesar de su disponibilidad, desde la percepción de los pobladores.

Tabla 8. Relación entre variables de estudio y percepción sobre la calidad del agua.

Variables usadas para la Chi cuadrada de Pearson	Valor	gl	p-valor
Género & Percepción de la Calidad del Agua (PCA*)	0.0102	1	0.9195
Edad & PCA*	3.2723	3	0.3515
Grado de instrucción & PCA*	3.3662	4	0.4985
Tiempo de residencia & PCA*	2.2003	2	0.3328
Actividad laboral & PCA*	0.5907	2	0.7443
Tipo de suministro de agua & PCA*	8.9833 e-32	1	1.0000
Consumo de Agua sin hervir & PCA*	1.3099 e-31	1	1.0000
Tipo de uso agua & PCA*	3.4224	4	0.4898
Uso del agua de río & PCA*	0.2502	1	0.6169
Frecuencia de enfermedades gastrointestinales & PCA*	11.0130	2	0.0041
Fuentes que son afectadas por la minería & PCA*	54.3920	3	0.0000
La minería genera beneficios & PCA*	1.412 e-30	1	1.0000
Sectores beneficiados por la minería & PCA*	1.8170	3	0.6112
N° de Casos	69		

PCA*: Percepción sobre la calidad del agua.

Evidentemente, las diferentes escalas y modos de organizar la minería implican diferentes tipos de demanda sobre el uso de la tierra en relación a la expansión del desarrollo de la actividad minera y la de los recursos naturales que utilizan. La transición continua hacia una economía minera que implique un adecuado crecimiento territorial y apropiado uso del agua requiere de una nueva actitud ambiental y socio-cultural hacia la gestión del agua y de mejores iniciativas de inversión que reconozcan la verdadera necesidad y el valor del almacenamiento, el tratamiento y la distribución de agua mediante la adecuada identificación de tecnologías agropecuarias (Chaiña-Chura et al., 2021) y de ingeniería sostenible para la minería (Villena, 2018).

24 Conclusiones

Nuestros resultados reflejan que la Comunidad Minera de Ollachea tiene una influencia en la expansión territorial de la Comunidad de Ollachea y que la variabilidad de los crecimientos territoriales podría deberse a la incertidumbre de la implementación de las normativas de formalización minera. Además, las actividades mineras realizadas en la Comunidad Minera de Ollachea se desarrollan principalmente en la ribera del río Oscocachi. Los niveles de temperatura, pH y potencial óxido-reducción indicarían que existe una contribución de iones metálicos provenientes de los desmontes abandonados de la Comunidad Minera y que, comparados con otros ríos impactados por minería, el río Oscocachi presentaría problemas ambientales a mediano plazo.

Los pobladores de la Comunidad de Ollachea, manifiestan que la prevalencia de enfermedades gastrointestinales se debe a la fuente de suministro de agua (río Oscocachi).

El análisis de expansión territorial en conjunto con el análisis de la calidad del agua tiene una convergencia positiva con la percepción de la población sobre la calidad del agua del río Oscocachi, sugiriendo fuertemente que este recurso hídrico está siendo impactado por el desarrollo de la actividad minera.

Este estudio establece un nuevo enfoque multidisciplinario de evaluación de la calidad de recursos hídricos en zonas de influencia minera que podría ser de gran importancia para la toma de decisiones de instituciones públicas y privadas.

Agradecimientos

Los autores reconocen el apoyo financiero del Proyecto Concytec – Banco Mundial “Mejoramiento y Ampliación de los Servicios del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica” 8682-PE, a través de su unidad ejecutora ProCiencia (contrato número 01-2018-FONDECYT/BM-Programas de Doctorados en Áreas Estratégicas y Generales); también, al Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno por el apoyo brindado para ejecutar este proyecto. Asimismo, agradecemos a la Dra. Isa Torrealba Suárez por la orientación brindada sobre Manejo de Recursos Naturales del Programa de Doctorado de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.

Referencias bibliográficas

- Adu-Baffour, F., Daum, T. & Birner, R. (2021). Governance Challenges of Small-Scale Gold Mining in Ghana: Insights from a process net-map study. *Land Use Policy*, 102, 105271. [10.1016/j.landusepol.2020.105271](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105271)
- Alessa, L., Kliskey, A. & Altaweel, M. (2017). Toward a Typology for Social-Ecological Systems. *Sustainability: Science, Practice and Policy*, 5(1), 31-44. [10.1080/15487733.2009.11908026](https://doi.org/10.1080/15487733.2009.11908026)
- Amoakwah, E., Ahsan, S., Rahman, M.A., Asamoah, E., Essumang, D.K., Ali, M. & Islam, K.R. (2020). Assessment of Heavy Metal Pollution of Soil-Water-Vegetative Ecosystems Associated with Artisanal Gold Mining. *Soil Sediment Contamination: An International Journal*, 29, 788–803. [10.1080/15320383.2020.1777936](https://doi.org/10.1080/15320383.2020.1777936)
- Andrachuk, M. & Armitage, D. (2015). Understanding Social-Ecological Change and Transformation Through Community Perceptions of System Identity. *Ecology and Society*, 20(4), 26. [10.5751/ES-07759-200426](https://doi.org/10.5751/ES-07759-200426)
- Asner, G.P., Llactayo, W., Tupayachi, R. & Luna, E.R. (2013). Elevated Rates of Gold Mining in the Amazon Revealed through High-Resolution Monitoring. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(46), 18454–18459. [10.1073/PNAS.1318271110](https://doi.org/10.1073/PNAS.1318271110)
- Autoridad Nacional del Agua-ANA. (2016). Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Lima-Perú. Recuperado de: <https://www.ana.gob.pe/publicaciones/protocolo-nacional-para-el-monitoreo-de-la-calidad-de-los-recursos-hidricos-0>
- Barkin, D. (2014). The Construction of Mega-Projects and the Reconstruction of the World. *Capitalism Nature Socialism*, 20, 6–11. [10.1080/10455750903215704](https://doi.org/10.1080/10455750903215704)
- Bebbington, A. & Williams, M. (2008). Water and Mining Conflicts in Peru. *Mountain Research and Development*, 28(3), 190-195. [10.1659/mrd.1039](https://doi.org/10.1659/mrd.1039)
- Berg, V. (2009). Perception of Health Risk and Averting Behavior: An Analysis of Household Water Consumption in Southwest Sri Lanka. *TSE Working*, 9(139), 1-32. https://www.tse-fr.eu/sites/default/files/medias/doc/wp/dev/wp_dev_139_2009.pdf
- Bessah, E., Raji, A. O., Taiwo, O. J., Agodzo, S. K., Ololade, O. O., Strapasson, A., & Donkor, E. (2021). Assessment of Surface Waters and Pollution Impacts in Southern Ghana. *Hydrology Research*, 52(6), 1423–1435. [10.2166/nh.2021.051](https://doi.org/10.2166/nh.2021.051)
- Campaña, A., Gualoto, E., & Chiluisa-Utreras, V. (2017). Evaluación Físico-Química y Microbiológica de la Calidad del Agua de los Ríos Machángara y Monjas de la red hídrica del Distrito Metropolitano de Quito. *Revista Bionatura*, 2(2), 305–310. [10.21931/RB/2017.02.02.6](https://doi.org/10.21931/RB/2017.02.02.6)
- Castillo, E. y Roa, C., (2021). Defining Geological Maturity: The Effect of Discoveries On Early-Stage Mineral Exploration. *Resources Policy*, 74, 102378. [10.1016/j.resourpol.2021.102378](https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102378)
- Castro-Bedriñana, J., Chirinos-Peinado, D. y De La Cruz-Calderón, G. (2021). Predictive Model of Stunting in the Central Andean Region of Peru based on Socioeconomic and Agri-food determinants. *Public Health in Practice*, 2, 100112. [10.1016/J.PUHIP.2021.100112](https://doi.org/10.1016/J.PUHIP.2021.100112)
- Cesar, S. (2019). Earning a social license to operate in mining: A case study from Peru. *Resources Policy*, 64 (5). [10.1016/j.resourpol.2019.101482](https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101482)
- Chaiña-Chura, F. F., Salas-Avila, D., Hermoza-Gutierrez, M., Salas-Mercado, D., & Quispe-Borda, W. (2021). Comunicación Horizontal: Identificación de la Demanda Social de Tecnología Agropecuaria en el Altiplano Peruano, Puno. *Comuni@ccion: Revista de Investigación En Comunicación y Desarrollo*, 12(4), 282–295. [10.33595/2226-1478.12.4.554](https://doi.org/10.33595/2226-1478.12.4.554)
- Cuya, A., Glikman, J.A., Groenendijk, J., Macdonald, D.W., Swaisgood, R.R. & Barocas, A. (2021). Socio-Environmental Perceptions and Barriers to Conservation Engagement Among Artisanal Small-scale Gold Mining Communities in Southeastern Peru. *Global Ecology and Conservation*, 31, e01816. [10.1016/j.gecco.2021.e01816](https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01816)
- Dalmiro A. y Cornejo O., M., P. (2014). Contaminación de Aguas y Sedimentos por As, Pb y Hg de la Cuenca del Río Ramis, Puno - Perú. *Revista de Investigaciones - Escuela de Posgrado UNA-Puno* 5(4),14. [10.26788/epg.v5i4.13](https://doi.org/10.26788/epg.v5i4.13)
- Damonte, G., Godfrid, J. & López, A.P. (2021). Mining and Urbanization: Ways of Generating Water Insecurity in Andean Territories. *The Extractive Industries and Society*, 8. [10.1016/j.exis.2021.100954](https://doi.org/10.1016/j.exis.2021.100954)

- Deininger, K., Ali, D.A. & Alemu, T. (2011). Impacts of Land Certification on Tenure Security, Investment, and Land Market Participation: Evidence from Ethiopia. *Land Economics*, 87, 312–334. [10.3368/LE.87.2.312](https://doi.org/10.3368/LE.87.2.312)
- Díaz-Martínez, E., Acosta, H., Cardenas, J., Carlotto, V., & Rodríguez, R. (2001). Paleozoic diamictites in the Peruvian Altiplano: Evidence and tectonic implications. *Journal of South American Earth Sciences*, 14(6), 587–592. [10.1016/S0895-9811\(01\)00054-2](https://doi.org/10.1016/S0895-9811(01)00054-2)
- DRAP, Dirección Regional Agraria de Puno. (2014). Síntesis Agraria. https://www.agropuno.gob.pe/files/estadistica/sintesis/sintesis_agrario_11_2014.pdf
- Duff, P.M. & Downs, T.J. (2019). Frontline Narratives on Sustainable Development Challenges/Opportunities in the 'Illegal' Gold Mining Region of Madre de Dios, Peru: Informing an Integrative Collaborative Response. *The Extractive Industries and Society*, 6, 552–561. [10.1016/j.exis.2019.01.005](https://doi.org/10.1016/j.exis.2019.01.005)
- Fuenfschilling, L. & Truffer, B. (2014). The Structuration of Socio-Technical Regimes - Conceptual Foundations from Institutional Theory. *Research Policy*, 43(4), 772–791. [10.1016/j.respol.2013.10.010](https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.10.010)
- Gilsbach, L., Schütte, P. & Franken, G. (2019). Applying Water Risk Assessment Methods in Mining: Current Challenges and Opportunities. *Water Resources and Industry*, 22, 100118. [10.1016/j.wri.2019.100118](https://doi.org/10.1016/j.wri.2019.100118)
- Gobierno Regional de Puno - GRP (2015). Informe Final de Área de Geología Región Puno. Recuperado de: <http://siar.minam.gob.pe/puno/documentos/informe-final-area-geologia-region-puno>
- Gobierno Regional de Puno - GRP (2021). Plan Regional de Saneamiento Puno 2021. Recuperado de: <https://www.regionpuno.gob.pe/descargas/planes/seguridadciudadana/PLAN%20REGIONAL%20DE%20SANEAMIENTO%20PUNO%20-2021%20-%202025.pdf>
- Grande, J.A., Loayza-Muro, R., Alonso-Chaves, F.M., Fortes, J.C., Willems, B., Sarmiento, A.M., Santisteban, M., Dávila, J.M., de la Torre, M.L., Durães, N., Diaz-Curiel, J. & Luís, A.T. (2019). The Negro River (Ancash-Peru): A unique case of Water Pollution, three Environmental Scenarios and an Unresolved Issue. *Science of The Total Environment*, 648(15), 398–407. [10.1016/j.scitotenv.2018.08.068](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.068)
- Howard, G., Teuton, J., Luyima, P. & Odongo, R. (2010). Water usage Patterns in Low-Income Urban Communities in Uganda: Implications for Water Supply Surveillance. *International Journal of Environmental Health Research*, 12(1), 63–73. [10.1080/09603120120110068](https://doi.org/10.1080/09603120120110068)
- Huang, X., Sillanpää, M., Gjessing, E.T., Peräniemi, S. & Vogt, R.D. (2010). Environmental Impact of Mining Activities on the Surface Water Quality in Tibet: Gyama valley. *Science of The Total Environment*, 408(19), 4177–4184. [10.1016/J.SCITOTENV.2010.05.015](https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2010.05.015)
- INEI, Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). Directorio Nacional de Centros poblados. Censos Naciones 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm
- Iribarnegaray, M.A. & Seghezze, L. (2012). Governance, Sustainability and Decision Making In Water And: Sanitation Management Systems. *Sustainability*, 4(11), 2922–2945. [10.3390/su4112922](https://doi.org/10.3390/su4112922)
- Jampani, M., Amerasinghe, P., Liedl, R., Locher-Krause, K., Hülsmann, S. (2020). Multi-functionality and Land Use Dynamics in a Peri-urban Environment Influenced by Wastewater Irrigation. *Sustainable Cities and Society*. 62, 102305. [10.1016/J.SCS.2020.102305](https://doi.org/10.1016/J.SCS.2020.102305)
- Li, J., Li, Z., Brandis, K.J., Bu, J., Sun, Z., Yu, Q. & Ramp, D. (2020). Tracing Geochemical Pollutants in Stream Water and Soil from Mining Activity in an Alpine Catchment. *Chemosphere*, 242, 125167. [10.1016/j.chemosphere.2019.125167](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125167)
- Loayza, N. & Rigolini, J. (2016). The Local Impact of Mining on Poverty and Inequality: Evidence from the Commodity Boom in Peru. *World Development*. 84, 219–234. [10.1016/j.worlddev.2016.03.005](https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.03.005)
- Loosemore, M. & Malouf, N. (2019). Safety Training and Positive Safety Attitude Formation in the Australian Construction Industry. *Safety Science*. 113, 233–243. [10.1016/j.ssci.2018.11.029](https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.11.029)
- López-Hoffman, L., Monroe, I.E., Narváez, E., Martínez-Ramos, M. & Ackerly, D.D. (2006). Sustainability of Mangrove Harvesting: How do Harvesters' Perceptions Differ from Ecological Analysis? *Ecology and society*, 11(2) 1-14.

- López-Roldán, P. y Fachelli, S. (2018). Metodología de la Investigación Social Cuantitativa. *Revista de Educación y Derecho*, 1-4 [10.1344/reyd2018.17.13](#)
- Magnússon, R., Cammeraat, E., Lücke, A., Jansen, B., Zimmer, A. & Recharte, J. (2020). Influence of Glacial Sediments on the Chemical Quality of Surface Water in the Uta valley, Cordillera Blanca, Peru. *Journal of Hydrology*, 587, 125027. [10.1016/j.jhydrol.2020.125027](#)
- Malone, A., Smith, N.M. & Zeballos, E. (2021). Coexistence and Conflict between Artisanal Mining, Fishing, and Farming in a Peruvian Boomtown. *Geoforum*, 120, 142–154. [10.1016/J.GEOFORUM.2021.01.012](#)
- Maule, A.J. & Hodgkinson, G.P. (2003). Re-appraising Managers' Perceptual Errors: A Behavioural Decision-Making Perspective. *British Journal of Management*, 14(1), 33–37. [10.1111/1467-8551.1401007](#)
- Mcintyre, N., Bulovic, N., Cane, I. & McKenna, P. (2016). Science of the Total Environment A Multi-disciplinary Approach to Understanding the Impacts of Mines on Traditional Uses of Water in Northern Mongolia. *Science of the Total Environment*. 557–558, 404–414. [10.1016/j.scitotenv.2016.03.092](#)
- Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social - MIDIS. (2020). Gestión de Proyectos de Inversión Social bajo la modalidad de Núcleo Ejecutor. Recuperado de: <http://www.foncodes.gob.pe/portal/index.php/comunicacion-e-imagen/noticias-y-comunicaciones/item/1273-nucleo-ejecutor-modelo-exitoso-de-gestion-de-proyectos-en-comunidades-rurales>
- Ministerio de Energía y Minas - MINEM. (2016). Registro Integral de Formalización Minera - REINFO. Recuperado de: http://pad.minem.gob.pe/REINFO_WEB/Index.aspx (accessed 10.19.21).
- Ministerio de Energía y Minas - MINEM. (2017). Establecen Disposiciones Reglamentarias para el Instrumento de Gestión Ambiental para la Formalización de Actividades de Pequeña Minería y Minería Artesanal. Recuperado de: <http://siar.minam.gob.pe/puno/normas/establecen-disposiciones-reglamentarias-instrumento-gestion-ambiental>
- Ministerio del Ambiente - MINAM. (2017). Estándares de Calidad Ambiental para Agua. El Peru. 6–9. Recuperado de: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>
- Mu, X., Whittington, D. & Briscoe, J. (1990). Modeling Village Water Demand Behavior: A Discrete Choice Approach. *Water Resources Research*, 26(4), 521–529. [10.1029/WR026I004P00521](#)
- Müller, D. & Munroe, D.K. (2014). Current and Future Challenges in Land-Use Science. *Journal of Land Use Science*, 9(2), 133–142. [10.1080/1747423X.2014.883731](#)
- Nordstrom, D.K. (2009). Acid Rock Drainage and Climate Change. *Journal of Geochemical Exploration*, 100, 97–104. [10.1016/j.gexplo.2008.08.002](#)
- Odell, S.D., Bebbington, A., Frey & K.E. (2018). Mining and Climate Change: A Review and Framework for Analysis. *The Extractive Industries and Society*, 5(1), 201–214. [10.1016/j.exis.2017.12.004](#)
- Ofori, G., Dittmann, A., Sarpong, D. & Botchie, D. (2020). Socio-Economic and Environmental Implications of Artisanal and Small-Scale Mining (ASM) on Agriculture and Livelihoods. *Environmental Science & Policy*, 106, 210–220. [10.1016/j.envsci.2020.02.005](#)
- Presidencia del Consejo de Ministros - PCM. (2012). Decreto Legislativo N° 1105 - Decreto Legislativo que Establece Disposiciones para el Proceso de Formalización de las Actividades de Pequeña Minería y Minería Artesanal. Recuperado de: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Decreto-Legislativo-N%C2%B0-1105.pdf>
- R Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Rahman, M.H. & Alam, K. (2016). Forest Dependent Indigenous Communities' Perception and Adaptation to Climate Change Through Local Knowledge In The Protected Area-A Bangladesh Case Study. *Climate*, 4, 1–25. [10.3390/cli4010012](#)
- Razali, A. (2020). The Impact of Seasonal Change on River Water Quality and Dissolved Metals in Mountainous Agricultural Areas and Risk to Human Health. *Environmental Forensics*, 21(2), 1–18. doi.org/10.1080/15275922.2020.1728434
- Salas-Ávila, D., Chaiña Chura, F. F., Quispe Mamani, E., Huanqui-Pérez, R., Velarde Coaquira, E. Bernedo-Colca, F., Salas-Mercado, D. y Hermoza-Gutiérrez, M. (2021). Evaluación de Metales Pesados y Comportamiento Social asociados a la

- Calidad del Agua en el Río Suches, 6, 1–34. [10.24850/j-tyca-2021-06-04](https://doi.org/10.24850/j-tyca-2021-06-04)
- Salas-Mercado, D., Hermoza-Gutiérrez M., Salas-Ávila, D. (2020). Distribución de Metales Pesados y Metaloides en Aguas Superficiales y Sedimentos del Río Crucero, Perú. *Rev. Boliv. Química* 37, 185–193. [10.34098/2078-3949.37.4.1](https://doi.org/10.34098/2078-3949.37.4.1)
- Salas-Urviola, F.B., Calsina-Paricahua, L.G. & Vilca-Salas, A.C. (2021). Analysis of the Formalization Process of Artisanal and Small-Scale Mining (ASM): Case Region Puno-Peru. *Resour. Policy* 73, 1–8. [10.1016/j.resourpol.2021.102160](https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102160)
- Sivri, N., Niyazi, K. & Osman, N.U. (2007). Estimation of Stream Temperature in Firtina Creek (Rize-Turkiye) using Artificial Neural Network Model. *Journal of Environmental Biology*, 28(1), 67-72. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17717988/>
- Suslow, T. V. (2004). Oxidation-Reduction Potential (ORP) for Water Disinfection Monitoring, Control, and Documentation. *Division of Agriculture and Natural Resources*. [10.3733/ucanr.8149](https://doi.org/10.3733/ucanr.8149)
- Villena Chávez, J. A. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2), 304–308. [10.17843/RPMESP.2018.352.3719](https://doi.org/10.17843/RPMESP.2018.352.3719)
- Willer, H. & Takahashi, B. (2018). News Media Coverage of Environmental Challenges in Latin America and the Caribbean. *Palgrave Macmillan, Cham*, 1, XIII-191 [10.1007/978-3-319-70509-5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-70509-5)
- Withanachchi, S.S., Kunchulia, I., Ghambashidze, G., Al Sidawi, R., Urushadze, T. & Ploeger, A. (2018). Farmers' Perception of Water Quality and Risks in the Mashavera River Basin, Georgia: Analyzing the Vulnerability of the Social-Ecological System through Community Perceptions. *Sustainability*, 10(9), 3062. [10.3390/su10093062](https://doi.org/10.3390/su10093062)
- Yirenkyi-fianko, A.B. & Yanful, E.K. (2020). Perception of Water Quality in Communities along Rivers in Mining Areas - The Case of Birim Basin in Ghana. *Africa. Western Libraries*, 19. https://ir.lib.uwo.ca/awc_abstracts/19